

EFFECTO DE LA CALIDAD DE LA DIETA SOBRE LA FISIOLOGÍA DEL CRECIMIENTO DE LA OSTRA PLANA *OSTREA EDULIS* L.

EFFECT OF THE DIET QUALITY ON THE GROWTH PHYSIOLOGY OF FLAT OYSTER *OSTREA EDULIS* L.

Ana Farias*, Iker Uriarte*, Juan B. Peña*, Fernando Pereira** y Sergio Mestre*

Palabras Clave: Microalgas, calidad bioquímica, balance energético, eficiencia de crecimiento.

Key Words: Microalgae, biochemical quality, energy budget, growth efficiency.

RESUMEN

Se determinaron los balances energéticos de *Ostrea edulis* en función de diferentes dietas microalgales. En los experimentos con diferentes especies de microalgas, los resultados indicaron que el mejor balance energético se obtuvo con la dieta de fitoplancton natural, lo cual se debió principalmente a la elevada eficiencia de absorción que presentaron los animales con esta dieta. En los experimentos con diferente contenido proteico de la diatomea *Thalassiosira minima* se observó que la tasa de excreción, en ostras alimentadas con células de bajo contenido en proteínas, aumentó significativamente, mientras que la eficiencia de absorción se redujo. Las tasas de respiración y filtración no variaron. Las mayores eficiencias de crecimiento en *Ostrea edulis* fueron obtenidas con la dieta de fitoplancton natural y con la dieta de contenido normal en proteínas. *Thalassiosira minima* de bajo contenido proteico produjo un balance energético negativo, lo cual indica que esta dieta no cubrió las necesidades mínimas de mantenimiento de las ostras.

ABSTRACT

The energy budget of the oyster *Ostrea edulis* L. grown in the different microalgal diets is described. The best growth efficiency was obtained in the diet of natural phytoplankton, caused by a significant high assimilation efficiency. Experiments with microalgae of different protein content of *Thalassiosira minima* showed a significant high rate of ammonium excretion in the low protein cells. Assimilation efficiency had a relative decrease in the low condition of protein. Maximum growth efficiency was observed with natural phytoplankton and normal protein content of microalgae.

INTRODUCCION

Los experimentos descritos en este trabajo fueron diseñados para estudiar el efecto de diferentes

dietas microalgales, particularmente a nivel de sus contenidos proteicos, en el balance energético de la ostra plana, *Ostrea edulis*. La terminología utilizada es la descrita por BAYNE y NEWELL (1983)

* Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (CSIC), Ribera de Cabanes, 12595 Castellón.

**Departamento de Biología Animal, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona, Diagonal 645, 08028 Barcelona.

y BAYNE, BROWN, BURNS, DIXON, IVANOVICI, LIVINGSTONE, LOWE, MOORE, STEBBING y WIDDOWS (1985). El conocimiento de cómo los componentes del balance energético se ven afectados por la calidad de la dieta puede permitirnos predecir la eficiencia de crecimiento que van a tener los ejemplares, y estimar la condición fisiológica y el estado de estrés de la población en cultivo (WIDDOWS y JOHNSON, 1988).

MATERIAL Y MÉTODOS

Ostras juveniles, 125-250 mm de longitud, fueron obtenidas de un stock de *Ostrea edulis* en cultivo, mantenido con circuito abierto de agua de mar filtrada a 5 µm y alimentación diaria con microalgas a una ración de 9 mg/día/g de ostra (SPENCER, 1988).

Para los experimentos de fisiología las ostras fueron mantenidas durante 10 días bajo las condiciones de aclimatación antes de iniciar las determinaciones energéticas. Los experimentos realizados fueron dos:

1) las ostras fueron alimentadas con cultivos puros de las microalgas *Thalassiosira minima*, *Tetraselmis suecica* y cultivo mixto de fitoplancton natural;

2) se utilizaron sólo cultivos monoalgales de *Thalassiosira minima* de tres calidades bioquímicas diferentes: alto, normal y bajo en proteínas, obtenido según URIARTE, FARÍAS, PEÑA y SEOANE (1987)

Las concentraciones de microalgas fueron mantenidas en torno a 1 mg/l de materia orgánica en todos los tanques de experimentación. El flujo de agua de mar, filtrada a 1 µm, fue de 100 ml/min en circuito abierto, la temperatura fue de 14,9° C en el experimento 1 realizado en el mes de Marzo y 19,2° C en el experimento 2 realizado en Mayo. Cada tanque contó con 10 individuos fijados en recipientes individuales y se mantuvo una concentración homogénea de microalgas mediante aireación.

El presupuesto energético fue calculado como:

$$P = A - (R + U)$$

donde P es la energía disponible para crecimiento, A es la energía obtenida del fitoplancton, R es el gasto metabólico y U es la energía perdida debido a la excreción de amonio.

Todas las tasas fisiológicas fueron determinadas

siguiendo la metodología de Widdows (BAYNE *et al.*, 1985). Con la única excepción de las tasas de respiración que fueron evaluadas con el método de micro-Winkler. Para las mediciones los animales fueron introducidos en cámaras respiratorias de 150 ml, con agua de mar filtrada y esterilizada con luz ultravioleta. Dos cámaras sin animales se utilizaron como controles, se tomaron muestras al inicio y al final de la incubación de 1 h.

Las tasas fisiológicas fueron analizadas con ANOVA. Los presupuestos energéticos fueron calculados para cada dieta utilizando el parámetro fisiológico promedio. El peso seco de un millón de células para cada dieta fue estimado de muestras colectadas en filtros de fibra de vidrio Whatman GF/C previamente numerados, secados hasta peso constante y pesados con precisión de 0,001 mg. Para la conversión a calorías, de la biomasa de microalgas digerida, se utilizó el valor promedio de 5,37 cal/mg estimado por FARÍAS, URIARTE, PEÑA, PAREDES y PAREJA (1988). Los valores energéticos del gasto metabólico y de la tasa de excreción fueron calculados utilizando los equivalentes de 4,75 cal/ml de oxígeno y 5,94 cal/mg de amonio-nitrógeno, respectivamente (WINTER, ACEVEDO y NAVARRO, 1984). Además del presupuesto energético, se estimaron los valores de eficiencia neta de crecimiento de acuerdo a Widdows (BAYNE *et al.*, 1985).

RESULTADOS

Experimento 1: *T.minima*, *T.suecica* y Fitoplancton natural cultivado en medio nutritivo con silicatos.

* Tasa de respiración

La tasa respiratoria promedio fue de 0,11 ml/h, sin que se observaran diferencias significativas entre los gastos metabólicos de ostras alimentadas con diferentes especies microalgales (Tabla I: F = 1,219; gl = 2,14; p = 0,32)

* Tasa de aclaramiento

La tasa de aclaramiento de las ostras en experimentación osciló en torno a los 0,61 (± 0,08; n = 20) l/h por individuo, no existiendo diferencias significativas en las calorías filtradas por las ostras a pesar del menor contenido orgánico de *Thalassiosira minima* (Tablas I y III: F = 2,40; gl=2,15; p=0,12).

* Eficiencia de absorción

TABLA I. *Ostrea edulis*. Componentes del balance energético (expresados en calorías/h) de ostras juveniles alimentadas en diferentes dietas. Los promedios son resultados de 5 a 8 replicas.

Dieta	C	A	R	U
Experimento 1:				
Fitoplancton	4.08	2.37	0.63	0.009
<i>Tetraselmis</i>	4.33	1.49	0.53	0.003
<i>Thalassiosira</i>	2.20	0.48	0.44	0.011
Experimento 2:				
T. enriquecida	6.67	1.57	1.22	0.038
T. normal	8.73	1.79	0.93	0.049
T. deficiente	8.22	1.25	1.21	0.060

TABLA III. Características de las dietas microalgales empleadas en los experimentos

Especie	Peso seco mg/10 ⁶ cel	cenizas %	concentraciones *10 ⁶ cél/l
Experimento 1			
Fitoplancton	0.36	21.2	3.14
<i>Tetraselmis</i>	0.43	17.2	4.73
<i>Thalassiosira</i>	0.13	37.0	6.62
Experimento 2:			
T. enriquecida	0.13	32.0	17.25
T. normal	0.13	33.8	17.25
T. deficiente	0.13	36.6	17.25

La eficiencia de absorción varió entre dietas obteniéndose el mayor valor en ostras alimentadas con fitoplancton natural (58 %) y el menor en la dieta de *Thalassiosira minima* (21 %), con una absorción intermedia de 34 % en individuos alimentados con *Tetraselmis suecica*. Debido a estas diferencias se pudo observar un efecto significativo de la dieta a nivel de la energía absorbida (Tabla I: $F = 10,38$; $gl = 2,15$; $p = 0,0015$).

* Tasa de excreción

La excreción de amonio alcanzó un valor de 0,002 mg/h por individuo, no observándose diferencias significativas entre ostras alimentadas con diferentes dietas (Tabla I: $F = 2,60$; $gl = 2,10$; $p = 0,123$).

* Balance energético

El cálculo de los presupuestos energéticos de las ostras mostró un efecto significativo de la dieta microalgal en la condición fisiológica de las ostras. Los balances fueron positivos para las dietas de fitoplancton natural y de la cloroficea *T. suecica*, resultando muy bajo, cercano a cero, para ostras alimentadas en la diatomea *T. minima* (Tabla I), probablemente en esta dieta se haya alcanzado sólo la ración de mantenimiento (WINTER, 1978; BAYNE y NEWELL, 1983) debido al elevado aporte de materia inorgánica de estas células.

* Eficiencia neta de crecimiento

La eficiencia neta de crecimiento fue muy similar entre las ostras alimentadas en fitoplancton y en *Tetraselmis*, mientras que fue cercana a cero para las ostras alimentadas en *Thalassiosira*.

Experimento 2: *T. minima* enriquecida, normal y deficiente en proteínas (30, 40 y 55 % de contenido proteico).

* Tasa de respiración

La tasa de respiración osciló en torno a 0,31 ml/h sin mostrar diferencias significativas entre las diferentes calidades bioquímicas de las microalgas (Tabla I: $F = 0,03$; $gl = 2,6$; $p = 0,97$).

* Tasa de aclaramiento

Las ostras presentaron tasas de aclaramiento entre 0,73 y 1,42 l/h por individuo, sin diferencias significativas del contenido energético incorporado entre dietas ($F = 1,49$; $gl = 2,17$; $p = 0,25$).

* Eficiencia de absorción

Las eficiencias de absorción fueron diferentes para cada tipo de dieta, presentando valores de 23 y 20 % en las dietas enriquecida y normal en

proteínas, y un valor del 15 % en la dieta deficiente en proteínas. Esto produjo una variación no significativa pero aparente de las eficiencias de absorción entre dietas ($F = 3,46$; $gl = 2,7$; $p = 0,055$).

* Tasa de excreción

Las tasas de excreción fueron significativamente diferentes entre dietas, encontrándose la tasa de producción de amonio más alta en la dieta baja en proteínas (Tabla I: $F = 7,00$; $gl = 2,12$; $p = 0,009$). Esto indica que los ejemplares alimentados con células deficientes en proteína podrían estar utilizando sustratos nitrogenados como las proteínas propias para mantener sus requerimientos metabólicos.

* Balance energético

Los balances energéticos fueron positivos para las dietas normal y alta en proteínas, mostrando que la dieta normal presenta el mayor saldo energético (mayor SFG, Tabla II) disponible para crecimiento. Las células de *T. minima* bajas en proteínas produjeron un balance negativo lo que indica que las ostras alimentadas en esta dieta no recibieron el aporte energético necesario para crecer y por ello cabría esperar que a largo plazo se produjeran pérdidas de peso y falta de crecimiento en estas ostras.

* Eficiencia de crecimiento

La eficiencia de crecimiento fue muy superior en la dieta normal sobre la enriquecida en proteínas, mientras que no existió crecimiento sino probablemente una pérdida de peso, en la dieta deficiente en proteínas (Tabla II).

DISCUSION

La mezcla de microalgas en las dietas de bivalvos han mostrado una mayor eficacia en promover el crecimiento de diversas especies. Nuestros resultados usando fitoplancton natural, crecido en medio nutritivo con suplemento de silicatos, mostró que esta mezcla natural de microalgas aporta una mayor energía a sus consumidores, motivada principalmente por una elevada eficiencia de absorción (58 %) lo que al mismo tiempo les permite un mayor gasto metabólico.

Las microalgas del género *Tetraselmis* son reconocidas por su alto valor nutritivo para filtradores (WHITE, 1987), principalmente bivalvos, y por ello se le ha utilizado como patrón de comparación respecto a dos dietas experimentales como son la

TABLA II. *Ostrea edulis*. Balances energéticos y eficiencias de absorción y de crecimiento de las ostras en las diferentes dietas.

	e (%)	P (cal/h)	K
Experimento 1:			
Fitoplancton	58.2	1.73	0.73
<i>Tetraselmis</i>	34.4	0.95	0.64
<i>Thalassiosira</i>	21.8	0.03	0.06
Experimento 2:			
T. enriquecida	23.5	0.30	0.19
T. normal	20.5	0.81	0.45
T. deficiente	15.2	- 0.01	- 0.01

diatomea *T. minima* y el fitoplancton natural. *T. minima* ha dado muy buenos resultados en la alimentación larvaria de peneidos (URIARTE *et al.*, 1987; URIARTE, 1990). Los resultados de estos experimentos indican que el bajo crecimiento obtenido en esta especie puede deberse principalmente a la baja eficiencia de absorción que tienen estas diatomeas en el tracto digestivo de *Ostrea edulis*. Esta baja eficiencia de absorción podría relacionarse directamente con el alto contenido inorgánico de esta diatomea.

En el experimento 1 se han igualado las raciones de microalgas entre tratamientos igualando el peso seco de partículas/ml/min y ello ha llevado a la diferencia de energía absorbida que existió entre *T. minima* y las otras dietas desde el inicio del experimento. En el experimento 2 se elevó al doble la concentración de células de *T. minima* de dieta, comprobando que a tal concentración aún no se observa emisión de pseudoheces, para mantener el mismo peso orgánico/ml/min que en el experimento 1. Como se puede observar, la eficiencia de absorción de *T. minima* en el segundo experimento fue la misma que en el primero (20 a 23%) para las

células normal y alta en proteína. Sin embargo, esta eficiencia disminuye significativamente (15 %) en las ostras alimentadas en la dieta baja en proteínas. Este fenómeno ya no puede explicarse por el aumento del contenido inorgánico de la dieta puesto que éste solo varió en un 2 % entre dietas, no siendo significativamente más alto en la dieta baja en proteínas ($F = .19$; $gl = 2,14$; $p < 0,82$).

Las tasas de excreción se vieron afectadas significativamente sólo entre las dietas de diferente contenido proteico. Las mayores tasas de excreción observadas en las ostras alimentadas en bajo contenido proteico demuestra que los animales han tenido que echar mano de sus reservas de proteína aumentando por tanto los residuos nitrogenados. Sin embargo, la comparación del índice O/N, calculado de acuerdo a Widdows (WIDDOWS, 1978 b, BAYNE, *et al.*, 1985), muestra un valor similar entre dietas de diferentes calidades bioquímicas, lo que de acuerdo a la definición de tal índice indica que las ostras no estaban en estado de estrés.

También son de destacar las diferencias observadas en el presupuesto energético de las ostras

alimentadas con *T. minima* normal en los experimentos 1 y 2, que corresponden a los meses de Marzo y Junio respectivamente. Estas diferencias se deben a dos variables, la primera fue la temperatura que varió estacionalmente en todos los experimentos, siendo de 15° C en el primero y de 20° C en el segundo, y la segunda fue el incremento del contenido orgánico de la diatomea en el segundo experimento debido a que se incrementó al doble el aporte de alga por individuo. Ambas variables tienen marcada influencia en el balance energético de los animales en su medio natural, donde la baja temperatura y escasez de alimento que se registran durante el invierno deprimen el balance energético el que vuelve a aumentar a fines de primavera (WIDDOWS, 1978 a). Sería interesante realizar en un futuro experimentos factoriales utilizando ambas variables para obtener el conjunto que produce el mejor crecimiento.

BIBLIOGRAFIA

- BAYNE, B. L. y NEWELL, R. C. 1983. In: *The Mollusca*, Vol. 4, Part 1. Academic Press Inc.
- BAYNE, B. L.; BROWN, D. A.; BURNS, K.; DIXON, D. R.; IVANOVICI, A.; LIVINGSTONE, D. R.; LOWE, D. M.; MOORE, M. N., STEBBING, A. R. D. y WIDDOWS, J. 1985. Physiological procedures. In: *The effects of stress and pollution on marine animals*. Praeger publishers, ed. Bayne B.L. pp: 161-178.
- FARIAS A., URIARTE I., PEÑA J. B., PAREDES F. y PAREJA, O. 1988. Variación del contenido calórico de *Ostrea edulis* L. *Iberus*, (en prensa).
- SPENCER, B. E. 1988. Growth and filtration of juvenile oysters in experimental outdoor pumped upwelling systems. *Aquaculture*, 75: 139-158.
- URIARTE I. 1990. *Estudio comparativo de la citología, fisiología y bioquímica de diatomeas marinas de la familia Thalassiosiraceae Lebour, emend. Hasle 1973, y su aplicación experimental en la alimentación de organismos zooplanctónicos*. Tesis doctoral. Univ. Barcelona. 298 págs.
- URIARTE I., FARIAS A., PEÑA, J. B. y SEOANE, J. 1987. Algunas observaciones en el crecimiento y desarrollo de larvas de peneidos alimentadas con tres dietas monoalgales. *Cuad. Marisq. Publ. Téc.*, 12: 291-294.
- WHYTE J. N. C. 1987. Biochemical composition and energy content of six species of phytoplankton used in mariculture of bivalves. *Aquaculture*, 60: 231-241.
- WIDDOWS, J. 1978 a. Combined effects of body size, food concentration and season on the physiology of *Mytilus edulis*. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 58: 109-124.
- WIDDOWS, J. 1978 b. Physiological indices of stress in *Mytilus edulis*. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 58: 125-142.
- WIDDOWS, J. y JOHNSON, D. 1988. Physiological energetics of *Mytilus edulis*: Scope for growth. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 46: 113-121.
- WINTER, J. E. 1978. A review of the knowledge of suspension-feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. *Aquaculture*, 13: 1-13.
- WINTER, J. E., ACEVEDO, M. A. y NAVARRO, J. M. 1984. Quempillén estuary, an experimental oyster cultivation station in southern Chile. Energy balance in *Ostrea chilensis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 20: 151-164.